

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ, ДЕЙСТВОВАВШИХ В ОЧАГЕ ВЕНГЕРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 12. I. 1956. Г.

Д. Л. ЧОМОР

(Геофизический институт университета имени Роланда Этвеша)  
(поступила: 10.8.1966.)

### SUMMARY

Using the dislocation theory given by Vvedenskaja, the dislocation space corresponding to the theoretical strength model of the focus has been compared with the first arrival of the earthquake of Dunaharaszti. (Origin time 12th January 1956). The two possible directions of the movement have been determined. Records of the seismological stations in the Soviet Union have been analysed. Results show the directions to be in good agreement with the directions of geological structure.

Недалеко от Будапешта, около города Дунахарсти 12. I. 1956 г. возникло землетрясение. Бальность в эпицентре землетрясения была 8 баллов. На основе неинструментальных данных глубина очага была определена равной 12 км (Чомор Д., Киш З.) а на основе инструментальных данных Бистричань Э. Чомор Д. — 3 км. Магнитуда этого землетрясения — около 5,5. Координаты эпицентра по Чомор Д., Киш З.; Бистричань Э., Чомор Д.,  $47^{\circ}29' \text{ С}$ ;  $19^{\circ}04' \text{ В}$ ; время в очаге —  $05^{\text{ч}} 46^{\text{мин}} 09,3^{\text{сек.}}$

Посмотрим, какие напряжения действовали в очаге землетрясения в Дунахарсти. Исследование проводится на основе материала наблюдений сейсмостанций Советского Союза. Рассматриваемое землетрясение было зарегистрировано 13 сейсмостанциями, но от 3 из них не получены ленты. Знаки первых смещений для волн Р определялись надежно. В таблице I указаны географические координаты ( $\psi$ ,  $\lambda$ ) станций, эпицентральные расстояния ( $\Delta^{\circ}$ ) до наблюдающих станций; азимуты ( $Az^{\circ}$ ) с эпицентра к станции; углы ( $e^{\circ}$ ) касательных к лучам, исходящих из очага с горизонтальной плоскостью при глубине очага  $h = 0$  км, и знаки первых смещений продольных волн Р.

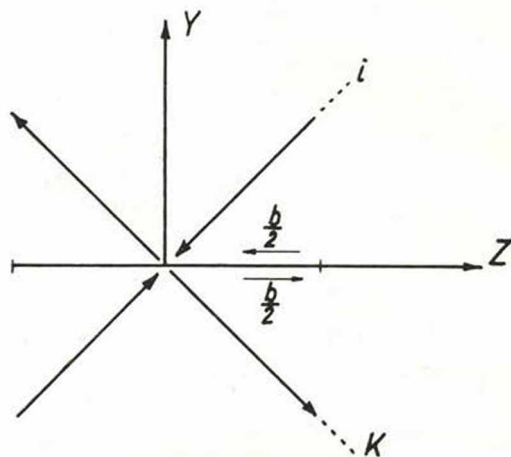
Наиболее вероятной причиной возникновения землетрясения является, как известно, разрушение сплошности среды в очаге, сопровождающееся скольжением одной стороны разрыва относительно другой.

Возникающие в очаге перемещения вызывают поле смещений в окружающей среде. При помощи теории дислокаций (Введенская А. В., 1956; 1959.) можно построить теоретический источник возмущений, которые

вызывает такое же поле смещений, как и наблюдаемое поле продольных и поперечных волн при землетрясениях. Такой теоретический источник (Введенская А. В., 1960) является силовой моделью очага.

Сопоставление теоретического и наблюдаемого полей дает возможность определить два возможных положения поверхности разрыва и направления главных напряжений, действующих в очаге.

Сопоставление выполняется при следующих условиях (Введенская А. В., Рупрехтова Л., 1961). Разрыв, сопровождающийся скольжением, рассматривается как ограниченная площадка. Это предположение обосновано, потому что область очага землетрясения можно ограничить конечным объемом. Пусть площадка разрыва имеет форму круга и пусть она будет расположена в плоскости  $XZ$  координатной системы  $XYZ$ , а положительная нормаль к ней направлена вдоль оси  $y$ , начало координат системы находится в центре круга. Грани разрыва внезапно сдвигаются одна относительно другой в плоскости  $XZ$  на величину  $b$ , как показано на фиг. 1.



Фиг. 1.

Пусть  $\overline{XYZ}$  будет вторая координатная система, имеющая общее начало с первой системой; а оси  $\overline{X}$   $\overline{Y}$   $\overline{Z}$  направлены на север, восток и зенит соответственно. Если  $x, y, z$  и  $\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}$  — координаты станций наблюдений, то

$$(1) \quad U_p = -\frac{c^2}{\pi a^2} \frac{yz}{R^2 \sqrt{R^2 - y^2}} qb$$

$$(2) \quad U_{SV} = \frac{qb}{2\pi R^2 \sqrt{R^2 - y^2} \sin e \cos e} [-2yz \sin^2 e + \overline{z}(zly + ylz)]$$

$$(3) \quad U_{SH} = \frac{qb}{2\pi R^2 \sqrt{R^2 - y^2} \cos e} [Y(\overline{x}n_2 - \overline{y}m_2) + z(\overline{x}n_y - \overline{y}m_y)]$$

Эти выражения описывают теоретическое поле смещений продольных и поперечных волн, где  $a$  и  $c$  — скорости распространения продольной и поперечной волн;  $q$  — радиус площадки разрыва,  $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ,  $m_j, n_j, l_j$  — косинусы углов, которые составляют направления  $y$  и  $z$  с осями  $\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}$  и  $\sin e = \frac{\overline{z}}{R}$ .



Таблица 1

№	Станция	Координаты станции		$\Delta^\circ$	Az° эп. — ст.	$\frac{e^\circ}{h=0}$	Знаки Р
		$\varphi$	$\lambda$				
1	Львов .....	49°49'N	24°02'E	4,5°	52°	46°	—
2	Пулково .....	59°46'N	30°19'E	14,5°	24°	50°	+
3	Москва .....	55°44'N	37°38'E	14,5°	46°	50°	—
4	Сочи .....	43°35'N	39°43'E	15°	97°	50°	+
5	Горис .....	39°30'N	46°20'E	21,5°	102°	60°	+
6	Ашхабад .....	37°57'N	58°21'E	30°	93°	65°	+
7	Ташкент .....	41°20'N	69°18'E	35°	80°	66°	+
8	Самарканд .....	39°40'N	66°59'E	35,5°	85°	66°	+
9	Фрунзе .....	42°53'N	74°36'E	38°	74°	67°	—
10	Семипалатинск .....	50°24'N	80°15'E	39,5°	61°	67°	—

Кроме того предположим, что в продольной волне смещение положительное, если оно направлено от очага; в волне SV положительное смещение тоже направлено от очага, а в волне SH положительным считается смещение, направленное против часовой стрелки, если смотреть со стороны эпицентра. На основе этих выражений можно определить особенности теоретического поля смещений.

В поле смещений продольных волн существуют две взаимно перпендикулярные нодальные плоскости  $y = 0$  и  $z = 0$ . С одной из этих плоскостей совпадает площадка разрыва. Оси сжимающих и растягивающих напряжений находятся в плоскости  $x = 0$ ; они совпадают с биссектрисами углов, образуемых плоскостями  $y = 0$  и  $z = 0$ , и составляют с площадкой разрыва углы в  $45^\circ$ .

Таким образом, зная распределение знаков первых смещений в продольных волнах по наблюдениям, можно определить два возможных положения плоскости разрыва и направления осей главных напряжений. Нодальные поверхности волн SV и SH определяются уравнениями:

$$y(\bar{x}n_z - \bar{y}m_z) + z(\bar{x}n_y - \bar{y}m_y) = 0 \text{ для волн SH,}$$

$$\text{и } -2yz \sin e + zl_y + yl_z = 0 \text{ для волн SV.}$$

Они являются уравнениями конических поверхностей второго и третьего порядка, вершины которых находятся в начале координат. Эти поверхности пересекаются вдоль осей главных напряжений.

С помощью наблюдений над полем смещений волн SV и SH можно контролировать результат, полученный на основе наблюдений над полем смещений волн Р.

Практически определение выполняется при помощи графического построения на сетке Вульфа (Голадзе О. А., Кейлис—Борок В. И., 1957).

Сетка Вульфа рассматривается как стереографическая проекция воображаемой сферы, окружающей очаг на диаметрально плоскость. Центр проекции совпадает с очагом землетрясения. Вертикальный диаметр направлен на север, горизонтальный — на восток и направление на зенит проектируется в центр сетки.

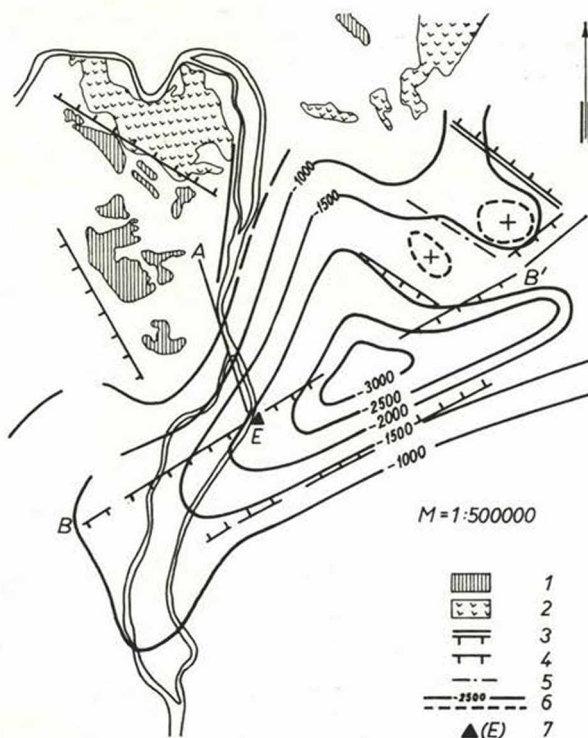


Можно также найти угловые координаты  $Az^\circ$  и  $i^\circ$  (т. е. угол, образуемый осями с направлением на зенит) осей сжимающих, растягивающих и промежуточных напряжений. В таблице 2 приведены эти данные.

Таблица 2

Возможное положение поверхности разрыва				Ось сжимающих напряжений		Ось растягивающ. напряжений		Ось X	
I		II							
$Az^\circ$	$e^\circ$	$Az^\circ$	$e^\circ$	$Az^\circ$	$i^\circ$	$Az^\circ$	$i^\circ$	$Az^\circ$	$i^\circ$
175°	65° w	80°	75° SSE	215°	60°	310°	85°	50°	30°

Одна из возможных плоскостей разрыва почти совпадает с меридиональной плоскостью. Азимут простирания для нее равен 175°. Плоскость падает к западу и составляет угол 65° с горизонтальной плоскостью. Азимут



Фиг. 3. Строение Венгерских бассейнов по Кереси (Деталь)

1. Обнажения основания бассейна на дневной поверхности.
2. Поверхностные вулканические породы третичного возраста.
3. Зоны нарушений первого порядка между макротектоническими блоками.
4. Зоны нарушений второго порядка в пределах макротектонических блоков, разделяющие глубинные массивы от менее глубоких.
5. Зоны нарушений третьего порядка.
6. Изогипсы поверхности основания бассейна.
7. Эпицентр землетрясения, происшедшего 12. I. 1956 г.



простираения другой возможной плоскости разрыва равен  $80^\circ$ ; т. е. плоскость имеет почти широтное простираение и составляет угол  $75^\circ$  с горизонтальной плоскостью, ее падение SSE.

Азимут оси сжимающего напряжения равен  $215^\circ$  и угол, который она составляет с горизонтальной плоскостью, равен  $30^\circ$ . Ось растягивающих напряжений почти горизонтальна, ее угол с вертикалью равен  $85^\circ$ , а азимут —  $310^\circ$ .

Посмотрим, как полученный результат согласуется с геологическими данными. На фиг. 3 показана тектоническая карта района эпицентра землетрясения по данным венгерского геолога Ласло Кереши (Кереши Л., 1963). Эпицентр обозначен на карте знаком (A) и буквой „E”. На карте можно видеть, что вблизи эпицентра взаимно пересекаются почти перпендикулярные дислокационные пояса, которые отделяют друг от друга поверхности разных уровней внутри единой по структуре большой тектонической области. Падение двух главных структур дна бассейна в этой области совпадает с направлениями SSE и EEN. Как видно из сопоставления фигур 2 и 3, направления EA, и B'EB согласуются с найденными нами двумя возможными положениями плоскости разрыва в очаге. Однако, согласованность полученного результата с тектонической картиной в этой области не позволяет установить, в котором из двух возможных дислокационных поясов произошел разрыв, которым было вызвано землетрясение.

Большую помощь в проведении работы оказали автору А. В. Введенская и Е. И. Широкова. Им автор выражает глубокую благодарность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- А. В. Введенская, 1961.; Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций. Известия АН СССР, сер. геоф. № 3.
- А. В. Введенская, 1959.; О поле смещений при разрывах сплошности упругой среды. Известия АН СССР сер. геоф. № 4.
- А. В. Введенская, 1960.; Об определении напряжений, действующих в очагах землетрясений по наблюдениям сейсмических станций. Известия АН СССР, сер. геоф. № 4.
- А. В. Введенская и Л. Рупрехтова, 1961.; Особенности напряженного состояния в очагах землетрясений у изгиба Карпатской дуги. Известия АН СССР, сер. геоф. № 7.
- О. Д. Голадзе, В. И. Кейлис-Борок, 1957.; Исследование механизма землетрясений. Труды Геофизического института № 40, (166). Издательство АН СССР Москва.
- Е. И. Широкова, 1959.; Определение напряжений, действующих в очагах Гиндукушских землетрясений. Известия АН СССР, сер. геоф. № 12.
- Е. Е. Широкова, 1961.; О напряжениях, действующих в очагах землетрясений Средней Азии. Известия АН СССР, сер. геоф. № 6.
- Е. И. Широкова, 1962.; О напряжениях, действующих в очагах землетрясений Кавказа и примыкающих районов. Известия АН СССР, сер. геоф. № 10.
- Csomor, D. Z. (1958 és 1962): Magyarország szeizmicitása. (О сейсмичности Венгрии) Geofizikai Közlemények, VII. 6—4, XI. 1—4. Budapest
- Biszticsány, E., Csomor, D. (1957): Az 1956. I. 12-i földrengés... (О землетрясении, происшедшем 12. I. 1956 г.) Geofizikai Közlemények, VI. 1—1. Budapest
- Körössy, L. (1963): A Magyar Medence tektonikai térképe. (Тектоническая карта Венгерского бассейна) Földtani Közlöny XCIII. 2. Budapest.